

NEW PATENT APPLICATION CHECKLIST FOR MATTERS OF FORM

10/020961

Examiner:

The items checked below have been noted in processing this application as filed.

After the typist has included these statements in the first Office action, please initial this form in the margin to the left of the appropriate paragraph. Please do NOT remove from the file jacket.

1. SPECIFICATION, JUMBO APPLICATION NOT CHECKED FOR MINOR ERRORS (If more than 20 pages of description, exclusive of claims.)

☐ Because of the lengthy specification in this application, it has not been checked to the extent necessary to determine the presence of all possible minor errors. Applicant's cooperation is therefore requested in promptly correcting any errors of which he may become aware in the specification or drawings.

2. RESIDENCE OMITTED (MPEP 605.02 and 603.03)

☐ Applicant's residence has been omitted from the papers. The city and state of his post-office address will be presumed to be the city and state of his residence. If the above is incorrect, applicant should submit a statement of his place of residence no later than at the time of payment of the issue fee.

3. PRIORITY PAPERS, ACKNOWLEDGMENT (MPEP 201.14(c))

☒ Receipt is acknowledged of papers submitted under 35 U.S.C. 119, which papers have been placed of record in the file.

4. PRIORITY PAPERS, ACKNOWLEDGMENT, PAPERS IN PARENT APPLICATION (MPEP 201.14(b))

☐ Applicant's claim for priority, based on papers filed in parent application Serial No. _____ submitted under 35 U.S.C. 119, is acknowledged.

5. PRIORITY, CLAIM FOR BUT NO PAPERS FILED (MPEP 201.14(c))

☐ Acknowledgment is made of applicant's claim for priority based on an application filed in _____ on _____. It is noted, however, that applicant has not filed a certified copy of said application as required by 35 U.S.C. 119.

6. PRIORITY PAPERS, MORE THAN ONE YEAR SINCE FILING IN FOREIGN COUNTRY (MPEP 201.14(c))

☐ Receipt is acknowledged of the filing on _____, of a certified copy of the _____ application referred to in the _____. * A claim for priority can not be based on said application, since the United States application was filed more than twelve months thereafter.

7. PRIORITY, REFERENCE IN OATH OR DECLARATION OMITTED (MPEP 201.14(c))

☐ Receipt is acknowledged of papers filed _____, based on an application filed in _____ on _____. Applicant has not complied with the requirements of Rule 65(a), since the _____ * does not acknowledge the filing of any foreign application. A new _____ * is required.

* INSERT EITHER "DECLARATION" OR "OATH" WHICHEVER IS APPLICABLE.

CLERK

E. Bornett

DATE

3/28/02

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

#3/ Priority
paper
3/28/02
EB
1c826 U.S. PRO
10/020961
12/19/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2000年12月19日

出願番号
Application Number:

特願2000-384543

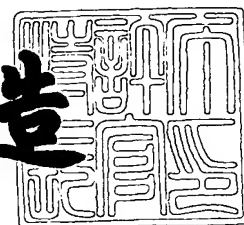
出願人
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2001年10月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3091630

【書類名】 特許願

【整理番号】 P005361

【提出日】 平成12年12月19日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 中村 理

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の作製方法並びに半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結晶構造を有する半導体膜に、周期表 1 8 族元素を添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に、前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の不純物と、周期表 1 8 族元素と、を添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に、前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、前記周期表 1 8 族元素は He、Ne、Ar、Kr、Xe から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 2 において、前記一導電型の不純物は周期表 1 5 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 2 において、前記一導電型の不純物は周期表 1 3 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

非晶質構造を有する第 1 の半導体膜に、金属元素を添加する第 1 の工程と、
前記第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、
前記第 2 の半導体膜に周期表 1 8 族元素を添加した不純物領域を形成する第 3 の工程と、
前記第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、前記不純物領域に、前記第 2 の

半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程とを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】

非晶質構造を有する第1の半導体膜の第1の領域に、選択的に金属元素を添加する第1の工程と、

前記第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、

前記第2の半導体膜における前記第1の領域に、周期表18族元素を添加する第3の工程と、

前記第3の工程の後に、第2の加熱処理により、前記第1の領域に、前記第2の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程とを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項8】

非晶質構造を有する第1の半導体膜に、金属元素を添加する第1の工程と、

前記第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、

前記第2の半導体膜に、一導電型の不純物と、周期表18族元素を添加した不純物領域を形成する第3の工程と、

前記第3の工程の後に、第2の加熱処理により、前記不純物領域に、前記第2の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程とを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】

非晶質構造を有する第1の半導体膜の第1の領域に、選択的に金属元素を添加する第1の工程と、

前記第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、

前記第2の半導体膜における前記第1の領域に、一導電型の不純物と、周期表18族元素を添加する第3の工程と、

前記第3の工程の後に、第2の加熱処理により、前記第1の領域に、前記第2の

半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程とを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項10】

請求項9乃至請求項9のいずれか一において、前記周期表18族元素はHe、Ne、Ar、Kr、Xeから選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項11】

請求項8または請求項9において、前記一導電型の不純物は周期表15族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項12】

請求項8または請求項9において、前記一導電型の不純物は、周期表13族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項13】

請求項1乃至請求項12のいずれか一において、前記金属元素はFe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置。

【請求項14】

一導電型の不純物領域に、金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項15】

一導電型の第1の不純物領域に接して第2の不純物領域が設けられ、前記第2の不純物領域には金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項16】

結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の不純物領域と、前記一導電型の不純物領域に接してチャネル形成領域が設けられ、前記一導電型の不純物領域に、金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項17】

結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の第1の不純物領域と、前記第1の不純

物領域に接する第2の不純物領域と、前記第1の不純物領域に接するチャンネル形成領域とが設けられ、前記第2の不純物領域に、金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項18】

請求項14乃至請求項17のいずれか一において、前記金属元素はFe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はゲッタリング技術を用いた半導体装置の作製方法及び、当該作製方法により得られる半導体装置に関する。特に本発明は、半導体膜の結晶化において触媒作用のある金属元素を添加して作製される結晶質半導体膜を用いた半導体装置の作製方法並びに半導体装置に関する。

【0002】

【従来技術】

結晶構造を有する半導体膜（以下、結晶質半導体膜という）を用いた代表的な半導体素子として薄膜トランジスタ（以下、TFTと記す）が知られている。TFTはガラスなどの絶縁基板上に集積回路を形成する技術として注目され、駆動回路一体型液晶表示装置などが実用化されつつある。従来からの技術において、結晶質半導体膜は、プラズマCVD法や減圧CVD法で堆積した非晶質半導体膜を、加熱処理やレーザーアニール法（レーザー光の照射により半導体膜を結晶化させる技術）により作製されている。

【0003】

こうして作製される結晶質半導体膜は多数の結晶粒の集合体であり、その結晶方位は任意な方向に配向して制御不能であるため、TFTの特性を制限する要因となっている。このような問題点に対し、特開平7-183540号公報で開示される技術は、ニッケルなど半導体膜の結晶化に対し触媒作用のある金属元素を添加して結晶質半導体膜を作製するものであり、結晶化に必要とする加熱温度を低

下させる効果ばかりでなく、結晶方位の配向性を単一方向に高めることが可能である。このような結晶質半導体膜でTFTを形成すると、電界効果移動度の向上みでなく、サブスレッショルド係数（S値）が小さくなり、飛躍的に電気的特性を向上させることが可能となっている。

【0004】

しかし、触媒作用のある金属元素を添加する故に、結晶質半導体膜の膜中或いは膜表面には、当該金属元素が残存し、得られる素子の特性をばらつかせるなどの問題がある。その一例は、TFTにおいてオフ電流が増加し、個々の素子間でばらつくなどの問題がある。即ち、結晶化に対し触媒作用のある金属元素は、一旦結晶質半導体膜が形成されてしまえば、かえって不要な存在となってしまう。

【0005】

リンを用いたゲッタリングは、このような金属元素を結晶質半導体膜の特定の領域から除去するための手法として有効に活用されている。例えば、TFTのソース・ドレイン領域にリンを添加して450～700℃の熱処理を行うことで、チャネル形成領域から当該金属元素を容易に除去することが可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

リンはイオンドープ法（ PH_3 などをプラズマで解離して、イオンを電界で加速して半導体中に注入する方法であり、基本的にイオンの質量分離を行わない方法を指す）で結晶質半導体膜に注入するが、ゲッタリングのために必要なリン濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上である。イオンドープ法によるリンの添加は、結晶質半導体膜の非晶質化をもたらすが、リン濃度の増加はその後のアニールによる再結晶化の妨げとなり問題となっている。また、高濃度のリンの添加は、ドーピングに必要な処理時間の増大をもたらし、ドーピング工程におけるスループットを低下させるので問題となっている。

【0007】

さらに、pチャネル型TFTのソース・ドレイン領域に添加したリンに対し、その伝導型を反転させるために必要な硼素の濃度は1.5～3倍が必要であり、再結晶化の困難さに伴って、ソース・ドレイン領域の高抵抗化をもたらす問題とな

っている。

【0008】

本発明はこのような問題を解決するための手段であり、半導体膜の結晶化に対して触媒作用のある金属元素を用いて得られる結晶質半導体膜に残存する当該金属元素を効果的に除去する技術を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

ゲッタリング技術は単結晶シリコンウエハーを用いる集積回路の製造技術において主要な技術として位置付けられている。ゲッタリングは半導体中に取り込まれた金属不純物が、何らかのエネルギーでゲッタリングサイトに偏析して、素子の能動領域の不純物濃度を低減させる技術として知られている。それは、エクストリンシックゲッタリング(Extrinsic Gettering)とイントリンシックゲッタリング(Intrinsic Gettering)の二つに大別されている。エクストリンシックゲッタリングは外部から歪場や化学作用を与えてゲッタリング効果をもたらすものである。高濃度のリンを単結晶シリコンウエハーの裏面から拡散させるリンゲッタはこれに当たり、前述の結晶質半導体膜に対するリンを用いたゲッタリングもエクストリンシックゲッタリングの一種と見なすことができる。

【0010】

一方、イントリンシックゲッタリングは単結晶シリコンウエハーの内部に生成された酸素が関与する格子欠陥の歪場を利用したものとして知られている。本発明は、このような格子欠陥、或いは格子歪みを利用したイントリンシックゲッタリングに着目したものであり、厚さ10～100nm程度の結晶質半導体膜に適用するために以下の手段を採用するものである。

【0011】

本発明は結晶構造を有する半導体膜に、周期表18族元素を添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行うことを特徴としている。また、当該不純物領域には一導電型の不純物が含まれていても良い。

【0012】

周期表 1 8 族元素は H e、N e、A r、K r、X e から選ばれた一種または複数種であり、これらのイオンを電界で加速して半導体膜に注入することにより、ダングリングボンドや格子歪みを形成してゲッタリングサイトを形成することができる。また、一導電型不純物は周期表 1 5 族元素或いは周期表 1 3 族元素が適用され、これらは周期表 1 8 族元素を添加した領域に共に含まれていても良い。

【0 0 1 3】

このように周期表 1 8 族元素を用いる結晶質半導体膜の作製方法は、非晶質構造を有する第 1 の半導体膜に、金属元素を添加する第 1 の工程と、第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、第 2 の半導体膜に周期表 1 8 族元素を添加した不純物領域を形成する第 3 の工程と、第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、不純物領域に、第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程とを有している。

【0 0 1 4】

または、非晶質構造を有する第 1 の半導体膜の第 1 の領域に、選択的に金属元素を添加する第 1 の工程と、第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、第 2 の半導体膜における前記第 1 の領域に、周期表 1 8 族元素を添加する第 3 の工程と、第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、第 1 の領域に、第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程とを有している。

【0 0 1 5】

このような工程を経て作製される半導体装置は、一導電型の不純物領域に、金属元素と、周期表 1 8 族元素が共に含まれていることを特徴としている。または、一導電型の第 1 の不純物領域に接して第 2 の不純物領域が設けられ、第 2 の不純物領域には金属元素と、周期表 1 8 族元素が共に含まれていることを特徴としている。

【0 0 1 6】

また、結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の第 1 の不純物領域と、第 1 の不純物領域に接する第 2 の不純物領域と、第 1 の不純物領域に接するチャネル形成

領域とが設けられ、第2の不純物領域に、金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴としている。

【0017】

上記本発明の構成において、当該金属元素はFe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種である。

【0018】

以上説明したように、本発明は周期表18族元素を用いて半導体膜に含まれる金属元素をゲッタリングする技術を提供する。以下、実施の形態により本発明をより詳細に説明する。

【0019】

【発明の実施の形態】

[実施の形態1]

図1は本発明の一実施形態を説明する図であり、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を全面に添加して結晶化した後、ゲッタリングを行う方法である。図1(A)において、基板101はバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、或いは石英などを用いることができる。基板101の表面には、ブロッキング層102として無機絶縁膜を10～200nmの厚さで形成する。好適なブロッキング層の一例は、プラズマCVD法で作製される酸化窒化シリコン膜であり、 SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される第1酸化窒化シリコン膜を50nmの厚さに形成し、 SiH_4 と N_2O から作製される第2酸化窒化珪素膜を100nmの厚さに形成したものが適用される。ブロッキング層102はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設けるものであり、石英を基板とする場合には省略することも可能である。

【0020】

ブロッキング層102の上に形成する非晶質構造を有する半導体膜103は、シリコンを主成分とする半導体材料を用いる。代表的には、非晶質シリコン膜又は非晶質シリコンゲルマニウム膜などが適用され、プラズマCVD法や減圧CVD法、或いはスパッタ法で10～100nmの厚さに形成する。良質な結晶を得るためには、非晶質構造を有する半導体膜103に含まれる酸素、窒素、炭素などの

不純物濃度を極力低減する必要があり、高純度の材料ガスを用いることはもとより、超高真空対応のCVD装置を用いることが望ましい。

【0021】

その後、非晶質構造を有する半導体膜103の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する。半導体膜の結晶化を促進する触媒作用のある金属元素としては鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)などであり、これらから選ばれた一種または複数種を用いることができる。代表的にはニッケルを用い、重量換算で1~10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層104を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質構造を有する半導体膜103の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンなど半導体膜の表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【0022】

勿論、触媒含有層104はこのような方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。

【0023】

次に、500℃にて1時間の加熱処理を行い、非晶質構造を有する半導体膜103が含有する水素を放出させる。そして、580℃にて4時間に加熱処理を行い結晶化を行う。こうして、図1(B)に示す結晶質半導体膜105が形成される。

【0024】

さらに結晶化率(膜の全体積における結晶成分の割合)を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、結晶質半導体膜105に対してレーザー光を照射することも有効である。レーザーには波長400nm以下のエキシマレーザー光や

、YAGレーザーの第2高調波、第3高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数10～1000Hz程度のパルスレーザー光を用い、当該レーザー光を光学系にて100～400mJ/cm²に集光し、90～95%のオーバーラップ率をもって結晶質半導体膜105に対するレーザー処理を行っても良い。

【0025】

このようにして得られる結晶質半導体膜105には、金属元素（ここではニッケル）が残存している。それは膜中において一様に分布していないにしろ、平均的な濃度とすれば、 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でもTFTをはじめ各種半導体素子を形成することが可能であるが、より好ましくはゲッタリングにより当該元素を除去することが望ましい。

【0026】

図1（B）はゲッタリングサイト108を形成するために、イオンドープ法で周期表18族元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素を結晶質半導体膜105に添加する工程を示している。結晶質半導体膜105の表面には、マスク用の酸化シリコン膜106が100～200nmの厚さに形成され、開孔部107が設けられ結晶質半導体膜が露出した領域に周期表18族元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素を添加する。当該元素の結晶質半導体膜中における濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ とする。

【0027】

周期表18族元素としてはヘリウム（He）、ネオン（Ne）、アルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）、キセノン（Xe）から選ばれた一種または複数種を用いる。本発明はゲッタリングサイトを形成するためにこれら不活性気体をイオンソースとして用い、イオンドープ法或いはイオン注入法で半導体膜に注入することに特徴を有している。これら不活性気体のイオンを注入する意味は二つある。一つは注入によりダングリングボンドを形成し半導体膜に歪みを与えることであり、他の一つは半導体膜の格子間に当該イオンを注入することで歪みを与えることである。不活性気体のイオンを注入はこの両者を同時に満たすことができるが、特に後者はアルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）、キセノン（Xe）などシリコンより原子半径の大きな元素を用いた時に顕著に得られる。

【0028】

ゲッターリングは窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、ゲッターリングサイト108に金属元素を偏析させることができる。

【0029】

その後、エッチングによりゲッターリングサイトを除去すると、図1(C)に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜109が得られる。こうして形成された結晶質珪素膜108は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

【0030】

[実施の形態2]

半導体膜の結晶化を助長する元素を選択的に形成する方法を図2により説明する。図2(A)において、基板101としてガラス基板を用いる場合にはブロッキング層102を設ける。また、非晶質構造を有する半導体膜103も実施の形態1と同様に作製する。

【0031】

そして、非晶質構造を有する半導体膜103上に上に100～200nmの厚さの酸化珪素膜110を形成する。酸化珪素膜の作製方法は限定されないが、例えば、オルトケイ酸テトラエチル (Tetraethyl Ortho Silicate: TEOS) と O_2 とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させ形成する。

【0032】

次に、酸化珪素膜110に開口部111を形成し、重量換算で1～10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を塗布する。これにより、触媒金属含有層112が形成され、それは開口部111の底部のみで半導体膜103と接触する。

【0033】

図1(B)で示す結晶化は、加熱処理の温度500～650℃で4～24時間、例えば570℃にて14時間の熱処理を行う。この場合、結晶化は触媒となる金属元素が接した半導体膜の部分でシリサイドが形成され、それを核として基板の

表面と平行な方向に結晶化が進行する。こうして形成された結晶質珪素膜 114 は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

【0034】

次いで、開口部 111 を利用して、同様にイオンドーブ法で周期表 18 族元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素を添加してゲッタリングサイト 115 を形成する。ゲッタリングは窒素雰囲気中で 450～800℃、1～24 時間、例えば 550℃ にて 14 時間の熱処理を行うと、ゲッタリングサイト 115 に金属元素を偏析させることができる。その後、エッチングによりゲッタリングサイトを除去すると、図 2 (D) に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜 116 が得られる。

【0035】

[実施の形態 3]

触媒作用のある金属元素を用いて形成された半導体膜を用いて TFT のチャネル形成領域やソース・ドレイン領域などの不純物領域を形成することができる。ここでは、TFT の作製工程において当該金属元素を該不純物領域をゲッタリングサイトとして、チャネル形成領域から除去する方法について説明する。

【0036】

図 3 (A) において、基板 301、ブロッキング層 302、半導体膜 303 は実施の形態 1 または 2 と同様にして作製されるものである。半導体膜 303 の上層に形成する絶縁膜は TFT のゲート絶縁膜として用いるものであり、酸化シリコンや窒化酸化シリコン膜で 30～150 nm、代表的には 80 nm の厚さに形成する。ゲート電極 305 はタングステン、タンタル、チタン、モリブデンなどの金属材料またはこれらの合金で形成するのが好ましい。

【0037】

不純物領域 306 は n チャネル型 TFT であればドナーとして代表的にはリンが添加される。また、p チャネル型 TFT であればアクセプタとして硼素が添加されて形成される。いずれにしても、不純物領域 306 はイオンドーブ法により形成することが可能であり、リンを添加する場合には PH_3 を、また硼素を添加す

る場合には B_2H_6 を用いる。これらは通常水素で希釈されて供給される。この不純物領域を効果的なゲッタリングサイトとするためには、イオンドープ法にてドナーまたはアクセプタの添加と同時に、或いはその前か後に周期表 18 族元素を注入する。

【0038】

その後、図 3 (B) に示すように、窒化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜でパッシベーション膜 308 を形成し、窒素雰囲気中で $450 \sim 800^\circ\text{C}$ 、1～24 時間、例えば 550°C にて 14 時間の熱処理を行うと、不純物領域 306 がゲッタリングサイトとなり、チャンネル形成領域からその領域に金属元素を偏析させることができる。従って、不純物領域にはドナーまたはアクセプタと金属元素が共に存在することになる。

【0039】

また、図 4 に示すように、基板 301 上にブロッキング層 302、半導体膜 303、絶縁膜 304、ゲート電極 305 を形成した後、マスク 310 を形成する。そして、マスク 310 を用いて、半導体膜 303 の端部に 18 族元素のいずれか一種または複数種を添加してゲッタリングサイト 311 を形成する。

【0040】

その後、ドナー又はアクセプタを添加して不純物領域 312 を形成する。ゲッタリングサイト 311 にも同様にドナー又はアクセプタが添加され、これを区別してゲッタリングサイト 313 として示す。その後、図 4 (C) に示すように、窒化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜でパッシベーション膜 314 を形成し、窒素雰囲気中で $450 \sim 800^\circ\text{C}$ 、1～24 時間、例えば 550°C にて 14 時間の熱処理を行うと、不純物領域 306 がゲッタリングサイトとなり、チャンネル形成領域からその領域に金属元素を偏析させることができる。

【0041】

周期表 18 族元素を添加した半導体膜の領域は結晶構造が破壊され非晶質化する。18 族元素はシリコンと結合せずに、格子間に存在するが、当該元素の濃度が高い場合には格子が歪んだまま残り、その後の加熱処理によって再結晶化させることが困難になる。一方、ゲッタリングサイトを形成する目的からは、歪みを大

きくした方が当該金属元素を偏析させる効果がより増大する。図4で示す構成は、この両者を同時に満足する方法であり、素子を形成するための不純物領域とゲッターリングサイトとを分離して形成した例を示している。

【0042】

〔実施の形態4〕

図5は半導体膜に格子歪み、或いは欠陥を生成するために導入する周期表18族元素の添加について説明する図である。図3または図4で説明したゲッターリングは半導体膜の素子形成領域の一部にゲッターリングサイトを形成する例を示している。その場合、ゲッターリングサイトは加熱処理により再結晶化できることが望ましいと考えられる。

【0043】

シリコンを主成分とする半導体膜に対し、高濃度の周期表18族元素はしばしば再結晶化を妨げる要因となる。再結晶化を確実なものとするためには、注入する18族元素の濃度分布に注意を要する。図5において、半導体膜401、絶縁膜404、ゲート電極405の構成は図3と同様である。18族元素は絶縁膜404を通して半導体膜401に注入される。注入される当該元素は、加速電圧に依存するが、絶縁膜404から半導体膜401の厚さ方向に渡って図5に挿入したグラフに示すように濃度分布を持つ。

【0044】

半導体膜401において、周期表18族元素は絶縁膜404側で高く、その反対側は低くなる。非晶質化は18族元素が注入される濃度に依存し、その濃度が低いと結晶成分を残存させることができる。その境界を明瞭に区別することはできないが、図5で示すように18族元素が添加され非晶質化した領域402と、18族元素が添加されているものの、結晶成分が残存している領域403とに分けて見ることができる。

【0045】

結晶成分が残存している領域403があると、ゲッターリングを伴う加熱処理により再結晶化させることが容易となる。即ち、結晶成分が残存している領域403が結晶成長の核となり、非晶質化した領域402の結晶化を促進させることが可

能になる。このようなゲッタリングサイトは、イオンドープ法における加速電圧の制御で容易に実現でき、これは、ドナー又はアクセプタのドーピングを伴っていても同様に実現することができる。

【 0 0 4 6 】

勿論、本実施形態で示す構成は、実施形態 1 ～ 3 におけるゲッタリングサイトの形成において適用することができる。

【 0 0 4 7 】

【実施例】

[実施例 1]

本発明の有効性を確認するため、周期表 1 8 族元素としてアルゴンを用い、以下の実験を行った。

【 0 0 4 8 】

半導体膜は 5 0 nm の非晶質シリコン膜に 1 0 ppm の酢酸ニッケル含有水溶液を塗布した後、5 0 0 ℃ にて 1 時間の脱水素処理と、5 5 0 ℃ にて 4 時間の加熱処理により結晶化させた結晶質半導体膜を用いた。そして、ゲッタリングサイトをリンをイオンドープ法で注入した試料、リンを注入した後、アルゴンを注入した試料、アルゴンのみを注入した試料を作製し、これらを比較評価した。この時、リンの注入条件は、水素で希釈された 5 % の PH_3 を用い、加速電圧 8 0 keV、ドーズ量 $1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とした。注入に要する時間は約 8 分であり、結晶質半導体膜には平均濃度で $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のリンうい注入することができる。一方、アルゴンは 9 0 keV の加速電圧で、 2×10^{15} または $4 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量で注入した。アルゴンは 9 9 . 9 9 9 9 % 以上のものを用い、注入に要する時間は 1 ～ 2 分でよかった。表 1 にこれらの条件をまとめて示す。

【 0 0 4 9 】

【表 1】

試料No.	P 添加条件		A r 添加条件	
	加速電圧	ドーズ量	加速電圧	ドーズ量
1	8 0 keV	$1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$	—	—
2	8 0 keV	$1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$	9 0 keV	$2.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$
3	8 0 keV	$1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$	9 0 keV	$4.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$
4	—	—	9 0 keV	$2.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$

【0 0 5 0】

ゲッターリングは窒素雰囲気中、5 5 0℃にて4時間の加熱処理をもって行った。ゲッターリングの効果は、結晶質半導体膜の被ゲッターリング領域におけるエッチピットの数により確認した。即ち、添加したニッケルの大部分はニッケルシリサイドとして結晶質半導体膜に残存するが、これはFPM（フッ酸、過酸化水素水、純水の混合液）によりエッチングされることが知られている。従って、被ゲッターリング領域をFPMで処理してエッチピットの有無を確認することにより、ゲッターリングの効果を確認することができる。この場合、エッチピットの数が少ない程、ゲッターリングの効果が高いことを意味する。

【0 0 5 1】

図6にその結果を示し、リンのみを添加した試料が 3.5×10^{-3} 個/ μm^2 のエッチピット密度であるのに対し、アルゴンを添加してゲッターリングした試料はエッチピット数は 5×10^{-4} 個/ μm^2 以下であり、その数が極端に減少していることが解る。この結果は、アルゴンを注入することによりゲッターリングの効果が極端に高められることを意味し、本発明の周期表の18族元素を用いたゲッターリングが極めて有効であることを示している。

【0 0 5 2】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明における周期表の18族元素を半導体膜に注入して行うイントリンシックゲッターリングは、結晶質半導体膜中に残存する金属元素をゲッターリングさせる効果が極めて高い。これは、触媒作用のある金属元素を用い

て作製される結晶質半導体膜の高純度化に寄与するばかりでなく、結晶質半導体膜を用いる半導体装置の生産性の向上にも寄与することができる。即ち、周期表の 1 8 族元素は不活性気体であり、イオンドーピングにおいても取り扱いが容易である。また、ドーピングに要する時間も短時間で済むなどの特徴を有している。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図 2】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図 3】 周期表 1 8 族元素を用いたゲッタリング方法を用いる半導体装置の作製方法を説明する図。

【図 4】 周期表 1 8 族元素を用いたゲッタリング方法を用いる半導体装置の作製方法を説明する図。

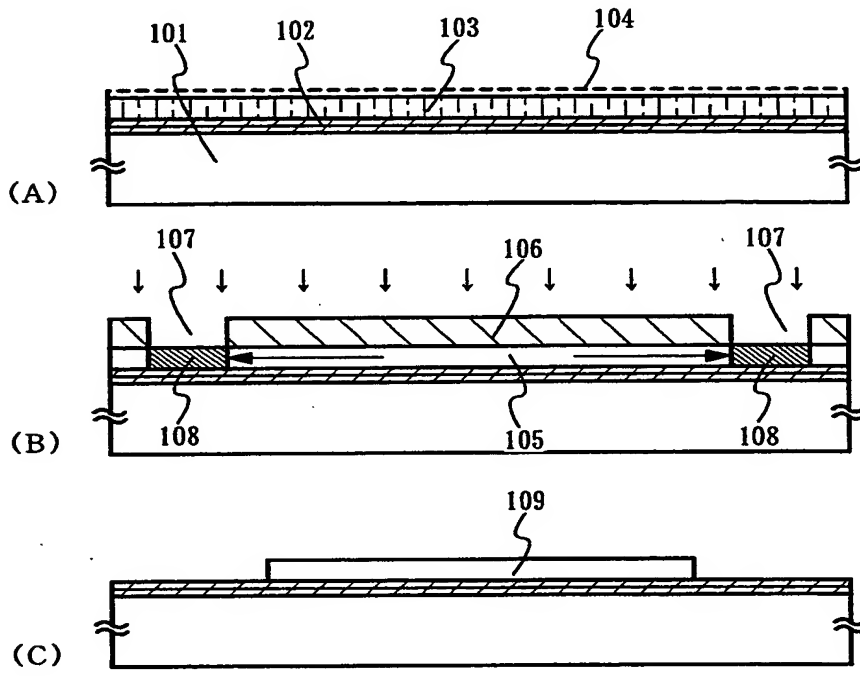
【図 5】 イオンドーブ法により注入される周期表 1 8 族元素の適した濃度分布を説明する図。

【図 6】 ゲッタリング後の F P M 処理により観察されるエッチピット密度を示すグラフ。

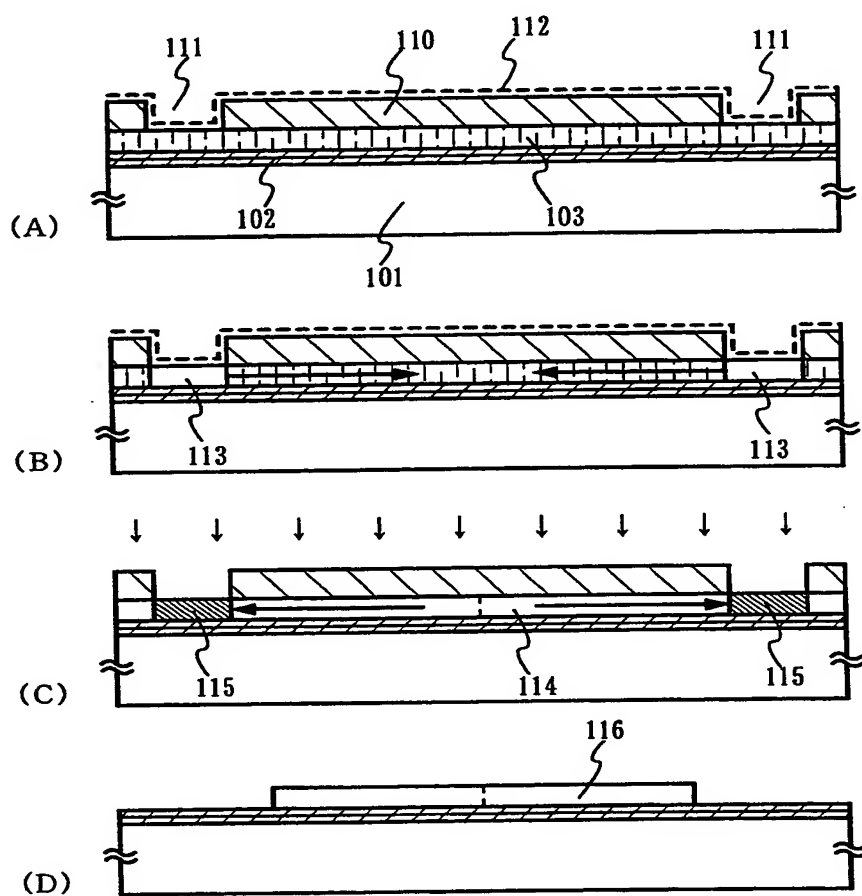
【書類名】

図面

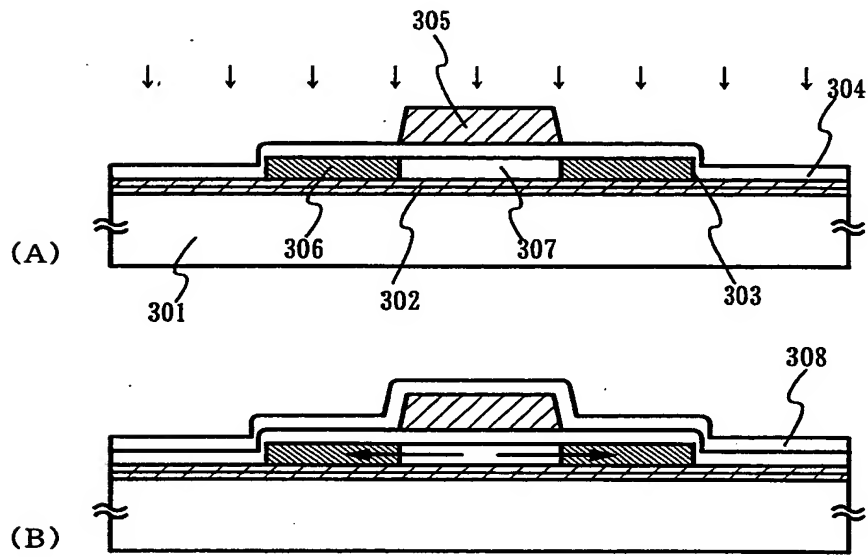
【図 1】



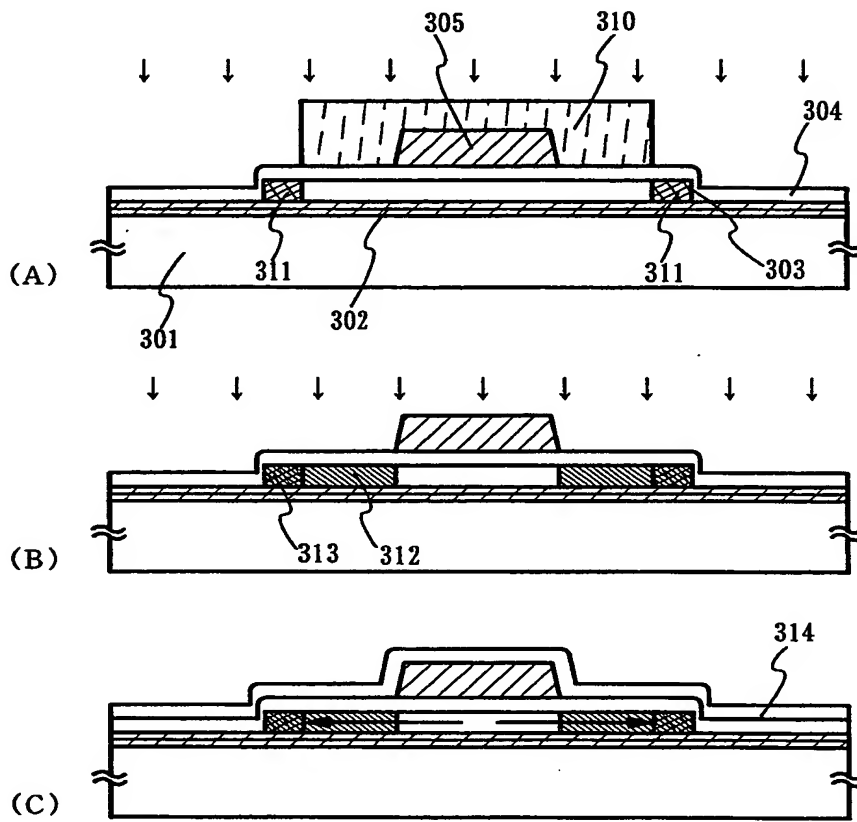
【図 2】



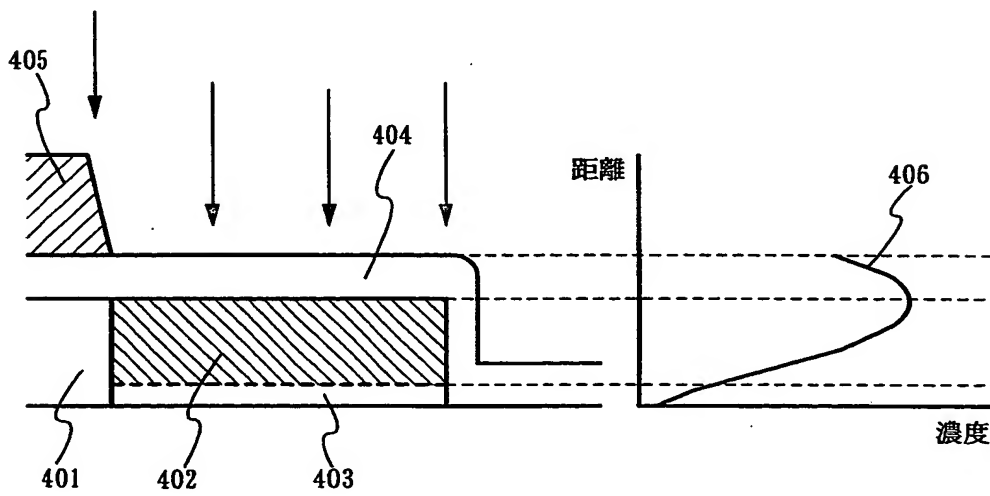
【図 3】



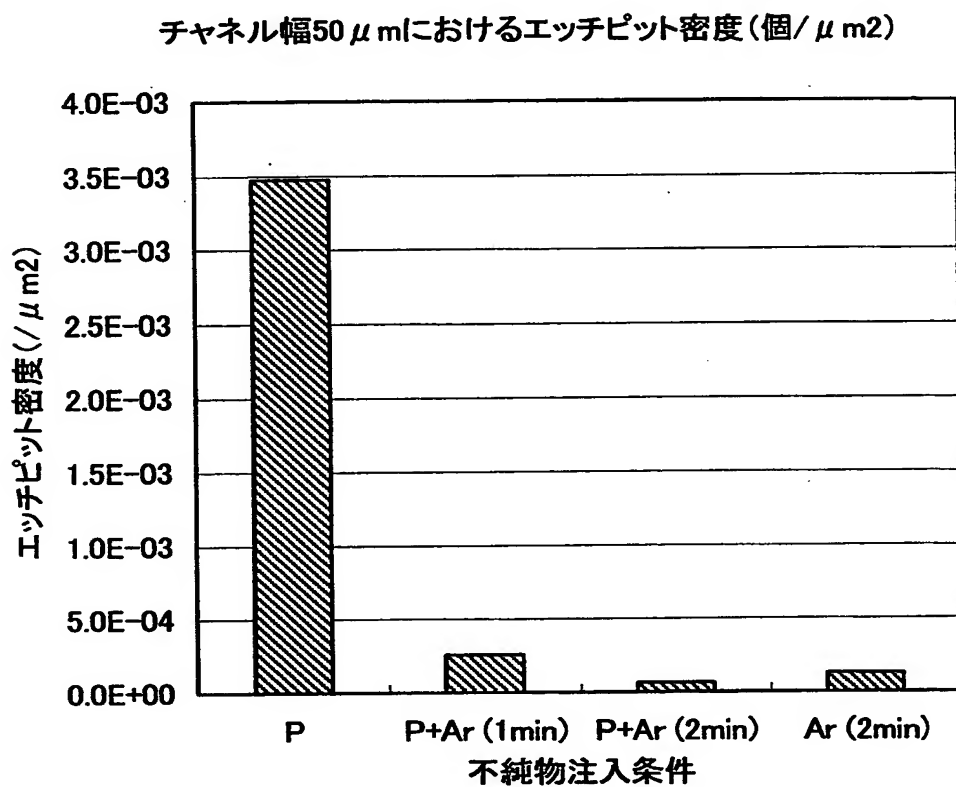
【図4】



【図5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 リンはイオンドーブ法で結晶質半導体膜に注入するが、ゲッタリングのために必要なリン濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上であり、その後のアニールによる再結晶化の妨げとなり問題となっている。また、高濃度のリンの添加は、ドーピングに必要な処理時間の増大をもたらし、ドーピング工程におけるスループットを低下させるので問題となっている。

【解決手段】 本発明は結晶構造を有する半導体膜に、周期表18族元素を添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行うことを特徴としている。また、当該不純物領域には一導電型の不純物が含まれていても良い。

【選択図】 図6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日	1990年 8月17日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県厚木市長谷398番地
氏 名	株式会社半導体エネルギー研究所